

(9) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift

DE 42 15 455 A 1

(51) Int. Cl 5:
B 02 C 25/00
B 02 C 23/00
G 01 H 1/00

DE 42 15 455 A 1

(21) Aktenzeichen: P 42 15 455.3
(22) Anmeldetag: 11. 5. 92
(23) Offenlegungstag: 18. 11. 93

(21) Anmelder:
Godler, Franc, 1000 Berlin, DE

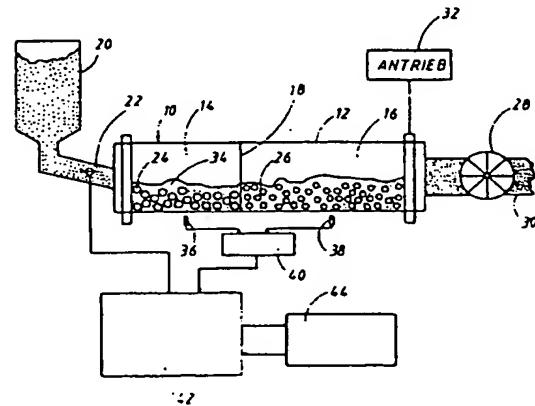
(22) Erfinder:
gleich Anmelder

(24) Vertreter:
Weisse, J., Dipl.-Phys.; Wolgast, R., Dipl.-Chem. Dr.,
Pat.-Anwälte, 42555 Velbert

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes von Mühlen

(57) Zur Bestimmung des Füllstandes von Kugelmühlen sind auf die Geräusche der Mühle ansprechende Schallsensoren (36, 38) und Einrichtungen zur Analyse der von den Schallsensoren (36, 38) gelieferten Signale zur Erzeugung eines Meßwertes für den Betriebszustand vorgesehen. Bei einem Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes wird das Geräusch der Kugelmühle (10) bei einem hohen und einem niedrigen bekannten Füllstand gemessen und fourieranalyisiert. Ein unbekannter Füllstand wird aus dem Frequenzverlauf des dabei auftretenden Geräusches durch Interpolation zwischen den Frequenzverläufen der bekannten Füllstände bestimmt. Durch diese Bestimmung kann der Füllstand einer Kugelmühle (10) geregelt werden.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 09.93 308 046/94

9/47

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes von Mühlen. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung des Füllstandes von Kugelmühlen.

Kugelmühlen werden beispielsweise in der Zementindustrie benutzt, um Steinbrocken zu zermahlen. Eine Kugelmühle enthält eine um ihre Achse rotierende Trommel, die teilweise mit Stahlkugeln gefüllt ist. In diese Trommel wird das Mahlgut an einem Eintragende eingebracht. Das Mahlgut wird dann mit den Stahlkugeln in der Trommel umgewälzt. Dabei wird das Mahlgut zwischen den Stahlkugeln zerkleinert. Ein Luftstrom, der in Axialrichtung durch die Trommel geblasen wird, sorgt dafür, daß das pulverisierte Mahlgut an einem dem Eintragende gegenüberliegenden Ende ausgeragen wird. Es sind Einkammermühlen oder Mehrkammermühlen bekannt. Bei einer Mehrkammermühle sind in einer solchen rotierenden Trommel mehrere Kammern axial hintereinander vorgesehen. Die Kammern sind durch eine Trennwand voneinander getrennt. Die Trennwand ist so ausgebildet, daß sie Mahlgut durchläßt.

Bei diesem Mahlvorgang tritt auch ein Abrieb an den Stahlkugeln ein. Die Stahlkugeln werden mit zunehmender Gebrauchsduauer kleiner. Es müssen von Zeit zu Zeit Stahlkugeln nachgefüllt werden.

Der Antrieb von solchen Kugelmühlen erfordert erhebliche Antriebsenergie. Die Antriebsenergie solcher Kugelmühlen stellt z. B. einen wesentlichen Kostenfaktor bei der Zementherstellung dar. Diese Antriebsenergie hängt praktisch kaum vom Füllstand der Kugelmühle ab. Es gilt, einen optimalen Füllstand einzuhalten, bei welchem der Durchsatz der Kugelmühle, d. h. die Menge des pro Zeiteinheit zerkleinerten Materials, optimal ist. Je nach Füllstand kann mit der gleichen Antriebsenergie ein hoher oder ein geringer Durchsatz erzielt werden. Es bietet jedoch erhebliche Schwierigkeiten, im Betrieb mit dem in der Trommel umgewälzten Material einen Meßwert für den Füllstand der Kugelmühle zu gewinnen. Dieses Problem gilt für alle Arten von Mühlen, bei denen Mahlgut in ständiger Wechselwirkung mit einem Mahlwerk o. dergl. steht, also keine ruhige Oberfläche bildet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Durchsatz von Mühlen, insbesondere von Kugelmühlen, zu optimieren.

Der Erfindung liegt weiter die Aufgabe zugrunde, die Qualität des gemahlenen Gutes zu verbessern.

Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zugrunde, Meßwerte für die Betriebszustände an Mühlen zu gewinnen.

Der Erfindung liegt speziell die Aufgabe zugrunde, auf einfache Weise einen Meßwert für den Füllstand einer Mühle, insbesondere einer Kugelmühle, zu gewinnen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch auf die Geräusche der Mühle ansprechende Schallsensoren und Mittel zur Analyse der von den Schallsensoren gelieferten Signale zur Erzeugung eines Meßwertes für den Betriebszustand.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß die von der Mühle erzeugten Geräusche Schlüsse auf den Betriebszustand der Mühle gestatten und durch Analyse dieser Geräusche Meßwerte gewonnen werden können durch welche der Betriebszustand charakterisiert ist.

Der so überwachte Betriebszustand kann der Füllstand sein. Die Mühle kann eine Kugelmühle sein. Die

Mittel zur Analyse der Geräusche können dabei zur Bildung eines Spektrums der Geräusche eingerichtet sein. Die Mittel zur Analyse der Geräusche können von einem FFT-Baustein (Fast Fourier Transform) gebildet sein. Die Analyse der Geräusche kann aber auch mit Hilfe eines hinreichend schnellen Rechners erfolgen. Vorteilhaft ist es, wenn die Mittel zur Analyse der Geräusche weiterhin Mittel zur Bildung des Mittelwertes des Spektrums über einen längeren Zeitraum hinweg enthalten. Die Geräusche unterliegen naturgemäß starken Schwankungen. Aus dem Mittelwert lassen sich aber brauchbare Meßwerte für z. B. den Füllstand gewinnen. Zur Bildung eines Meßwertes für den Füllstand sind vorzugsweise Mittel zum Speichern eines bei vorgegebenem hohen Füllstand aufgenommenen Spektrums und eines bei vorgegebenem geringen Füllstand aufgenommenen Spektrums, Mittel zur Messung des Spektrums bei unbekanntem Füllstand und Mittel zur Interpolation zwischen dem hohen und geringen Füllstand zur Gewinnung eines interpolierten Meßwertes für den unbekannten Füllstand vorgesehen. Zur weiteren Verbesserung des Füllstands-Meßwertes können die Spektren in einer Mehrzahl von Bereichen integriert werden. Die Interpolation erfolgt dann zwischen den Integralen. Aus den so gebildeten interpolierten Meßwerten kann dann ein ggf. gewichtetes Mittel gebildet werden. Die Mühle kann mehrere, von dem Mahlgut nacheinander durchlaufene Kammern aufweisen und ein Schallsensor im Bereich jeder Kammer angeordnet sein. Der erhaltene Füllstands-Meßwert kann auf einen Regler zur Regelung des Füllstandes aufgeschaltet sein.

Der zu messende oder zu überwachende Betriebszustand kann auch beispielsweise die mittlere Größe der für den Mahlvorgang benutzten Stahlkugeln sein. Auch deren Veränderung durch Abrieb macht sich durch eine Änderung des Geräuschspektrums bemerkbar. Andere fehlerhafte Betriebszustände, deren Auftreten mit einer Vorrichtung nach der Erfindung überwacht werden können, sind etwa das Zusetzen der Trennwand zwischen mehreren Kammern der Kugelmühle oder das Fressen von Lagern.

Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes von Mühlen.

Die Erfindung gestattet einen solchen Betrieb der Mühle, daß ein geringerer Verschleiß der Mühle pro Tonne Mahlgut eintritt. Die Erfindung gestattet eine Prozessautomatisierung durch automatische Regelung und eine Einbindung der Mühle in ein Prozessleitsystem des Betriebes. Die Erfindung gestattet es dabei insbesondere, durch Wahl des Füllstandes bestimmte gewünschte Sorten des gemahlenen Materials vorzugeben. Die Mühle kann in Abhängigkeit von der gewünschten Qualität des Mahlgutes optimal ausgelastet werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Kugelmühle mit einer auf die Geräusche der Kugelmühle an-sprechenden und diese Geräusche analysierenden Meßvorrichtung.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm der Meßvorrichtung.

Fig. 3 zeigt Spektren für 100% Füllstand, 0% Füllstand und für einen zu messenden Füllstand.

Fig. 4 ist ein Diagramm der Signalverarbeitung.

In Fig. 1 ist mit 10 eine Zweikammer-Kugelmühle bezeichnet, wie sie beispielsweise in der Zementindustrie verwendet wird. Die Kugelmühle weist eine um ihre

Längsachse umlaufende Trommel 12 auf. Die Trommel 12 bildet zwei axial hintereinanderliegende Kammern 14 und 16. Die Kammern 14 und 16 sind durch eine Trennwand 18 voneinander getrennt. Die Trennwand 18 ist so ausgebildet, daß sie einen Durchtritt von gemahlenem Material gestaltet. Die Kugelmühle 10 wird an einem Eintragende aus mit Rohmaterial beschickt. Das Rohmaterial kann, z. B. bei der Zementherstellung, ein Gemenge von Materialien sein, deren Zufuhr über Förderbänder geregelt ist. Das ist bekannte Technik. In Fig. 1 ist das durch ein Silo 20 dargestellt, wobei die Zufuhr an Rohmaterial mittels eines Schiebers oder einer Klappe 22 reguliert werden kann. In den Kammern 14 und 16 der Trommel 12 sind jeweils eine Vielzahl von Stahlkugeln 24 bzw. 26 angeordnet. Die Stahlkugeln 26 in der Kammer 16 haben einen geringeren Durchmesser als die Stahlkugeln 24 in der Kammer 14. An einem Austragende, rechts in Fig. 1 wird pulverisiertes Mahlgut von einem Gebläse 28 in eine Rohrleitung 30 abgesaugt. Zu grobes Mahlgut wird dabei wieder in die eintragsseitige Kammer 14 zurückgeführt.

Die Mantelfläche der Trommel ist auf der Innenseite mit einer Auskleidung versehen, die so geformt ist, daß sie bei Umlauf der Trommel 12 die Stahlkugeln 24 und 26 und einen Teil des Mahlgutes in Umfangsrichtung mitnimmt, bis die Stahlkugeln 24, 26 abrutschen und mit dem Mahlgut wieder nach unten fallen. Dadurch wird das Mahlgut zwischen den Stahlkugeln zerquetscht und zerschlagen. Die Trommel 12 wird von einer Antriebsvorrichtung 32 angetrieben. Der Antrieb erfordert recht erhebliche Antriebsenergie, da die Antriebsvorrichtung ständig Stahlkugeln 24, 26 und Mahlgut 34 anheben muß. Diese Antriebsenergie ist nur in geringem Maße abhängig von dem Füllstand des Mahlgutes in der Trommel 12 der Kugelmühle 10.

Das ist der Aufbau einer üblichen Kugelmühle. Das zu mahlende Rohmaterial aus dem Silo 20 wird von der Eintragsseite her in die Kammer 14 der Kugelmühle 10 eingebracht. Das von den Stahlkugeln 24 zermahlene Mahlgut wird durch den Aufbau der Mühle durch die Trennwand hindurch in die Kammer 16 transportiert. Dort erfolgt eine weitere Zerkleinerung durch die kleineren Stahlkugeln 26, bis das Mahlgut über die Rohrleitung 30 abgefördert wird. Dort erfolgt in nicht dargestellter Weise durch den Luftstrom eine Trennung in fein pulverisiertes Mahlgut und gröbere Teilchen, die zur Eintragsseite für einen nochmaligen Durchgang zurückgeführt werden.

Zur Messung des Füllstandes der Kugelmühle 10 sind außen neben der Trommel 12 zwei Schallsensoren 36 und 38 angeordnet. Das sind praktisch speziell ausgebildete Mikrophone, die extrem hohe Schallwechseldrücke aushalten und eine hohe Richtwirkung besitzen. Der Schallsensor 36 sitzt im Bereich der Kammer 14. Der Schallsensor 38 sitzt im Bereich der Kammer 16. Die beiden Schallsensoren 36 und 38 sind mit einer Füllstands-Meßeinrichtung 40 verbunden. Die Füllstands-Meßeinrichtung 40 ist mit einem Analysatorsystem 42 verbunden. Das Analysatorsystem 42 steuert über den Schieber oder die Klappe 22 (oder die Geschwindigkeit von Förderbändern) die Zufuhr von Rohmaterial aus dem Silo 20 zu der Kugelmühle 10. Außerdem ist das Analysatorsystem mit einer Schnittstelle 44 zum Anschluß an ein Prozeßleitsystem verbunden.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, sind die beiden Schallsensoren 36 und 38 mit einem Polarisations-Netzteil 46 verbunden. Die Sensoren sind kapazitive Mikrophone mit je einer Membran, die eine Platte eines Kondensa-

tors bildet. An diesem Kondensator liegt eine hohe Spannung von dem Polarisations-Netzteil 46 an. Durch die dadurch hervorgerufenen elektrostatischen Kräfte wird die Membran des Sensors stark vorgespannt. Dadurch kann die Membran mit hohen Schallwechseldrücken beaufschlagt werden.

Die so erhaltenen Signale werden durch Vorverstärker 48, 50 verstärkt. Die so erhaltenen Signale werden über Hauptverstärker 52 bzw. 54 auf einen Rechner 10 geschaltet.

Der Rechner 56 führt eine Fourieranalyse der erhaltenen Signale durch. Jedes Signal kann bekanntlich als Überlagerung von harmonischen Signalen mit verschiedenen Amplituden dargestellt werden. Dabei ist die Amplitude eines solchen harmonischen Signals eine Funktion der Frequenz dieses Signals. Einem Signalverlauf im Zeitbereich kann daher eine Funktion "Amplitude über Frequenz" zugeordnet werden. Das ist praktisch das Spektrum des zeitabhängigen Signals.

Die Spektralverteilung oder Fouriertransformierte des von der Kugelmühle 10 erzeugten Geräusches kann (nach Mittelung über der Zeit) etwa einen Verlauf haben, wie er in Fig. 3 durch die strichpunktierte Kurve 57 dargestellt ist.

Die Auswertung der Sensorsignale der Schallsensoren 36 und 38 und der aus der Fouriertransformierten gebildeten Spektralverteilungen erfolgt nach dem in Fig. 4 dargestellten Diagramm:

Es erfolgt eine Messung bei einem hohen, bekannten Füllstand, der als Füllstand von 100% angesehen werden kann. Das erhaltene Schallsignal ist ein relativ schwaches Geräusch, das ein breites Spektrum von Frequenzen enthält. Aus dem gemessenen Schallsignal wird die Spektralverteilung gebildet. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 58 "Messung bei 100%" dargestellt. Die erhaltene Spektralverteilung wird über einen längeren Zeitraum gemittelt. Das momentane Geräusch der Kugelmühle 10 ist stark von dem jeweiligen momentanen Zustand des Mahlgutes 34 und der Stahlkugeln 24 in der Trommel abhängig. Es hat sich aber gezeigt, daß sich im zeitlichen Mittel über einen längeren Zeitraum eine stabile Spektralverteilung ergibt, die eine Funktion des Füllstandes ist. Eine solche Spektralverteilung ist in Fig. 3 durch die Kurve 60 dargestellt. Die Mittelwertbildung bei einem Füllstand von 100% ist in Fig. 4 durch das Rechteck 62 dargestellt. Die gemittelte Kurve 60 wird abgespeichert. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 64 dargestellt.

Als nächstes wird die Kugelmühle 10 leer, d. h. ohne Mahlgut betrieben oder mit einem bekannten, geringen Füllstand des Mahlgutes. Es wird wieder das von den Sensoren 36 und 38 aufgenommene Geräusch fourieranalysiert. Das ergibt nach Mittelung etwa eine Kurve 66 in Fig. 3. Die Messung und Fourieranalyse des Geräusches ist in Fig. 4 durch das Rechteck 68 dargestellt. Es wird wieder der Spektralverlauf über eine längere Zeit gemittelt. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 70 dargestellt. Die so erhaltene gemittelte Spektralverteilung 66 wird gespeichert. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 72 dargestellt. Die Meßvorrichtung ist dann bereit für die laufende Messung und Überwachung des unbekannten Füllstandes in der Kugelmühle 10. Dieser Füllstand ist hier mit x% bezeichnet.

Es wird bei dem zu messenden, unbekannten Füllstand x ebenfalls das Geräusch der Kugelmühle 10 mittels der Schallsensoren 36 und 38 aufgenommen. Die erhaltenen Signale werden auf den Rechner 56 aufgeschaltet liefern Spektralverteilungen. Eine solche Spek-

tralverteilung entspricht nach Mittelung etwa der Kurve 57 in Fig. 3. Diese Messung und Fourieranalyse des Geräusches bei dem unbekannten Füllstand $x\%$ ist in Fig. 4 durch das Rechteck 74 dargestellt. Auch hier erfolgt eine Mittelung der Spektralverteilung über einen längeren Zeitraum hinweg. Die Mittelung ist in dem Ablaufdiagramm von Fig. 4 durch das Rechteck 76 dargestellt.

Der nächste Schritt ist eine Interpolation zwischen den Werten, die bei einem Füllstand von 100% erhalten wurden, und den Werten, die bei einem Füllstand von 0% erhalten wurden. Das ist in Fig. 4 durch Rechteck 78 dargestellt.

Bei der Interpolation erfolgt zunächst eine Integration der Spektralverteilung in bestimmten Frequenzbereichen. In Fig. 3 sind die Bereiche mit I, II und III bezeichnet. In jedem Bereich wird erst das Integral der Kurve 66 gebildet. Das gibt eine Größe w_1 . Die entspricht 0% Füllstand. Dann wird das Integral der Kurve 60 gebildet. Das gibt eine Größe w_2 . Die entspricht 100% Füllstand. Die Differenz ist Δw . Bei der eigentlichen Messung wird das Integral der gemessenen Kurve 57 gebildet. Dieses Integral liefert einen Wert w_x . Die Differenz zu dem Integral der Kurve 66 ist $w_1 - w_x$. Daraus wird der Füllstand berechnet. Es gilt:

$$\begin{aligned} w_1 - w_2 &= \Delta w = 100\%, \\ w_1 - w_x &= \Delta w_{x0} = x\%, \\ w_2 - w_x &= \Delta w_{x0} = x\%, \\ x\% &= 100\% \Delta w_{x0}/\Delta w \text{ oder} \\ x\% &= 100\% \Delta w_{x0}/\Delta w. \end{aligned}$$

Die so durch Interpolation der Integrale für die verschiedenen Bereiche I, II und III erhaltenen Füllstands-werte können voneinander abweichen. Es kann beispielsweise in Bereich I ein Füllstandswert von 50%, in Bereich II ein Füllstandswert von 51% und in Bereich III ein Füllstandswert von 49% ermittelt werden. Aus diesen Füllstandswerten wird ein Mittelwert gebildet. Es kann zweckmäßig sein, diese Füllstandswerte zu mitteln. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 80 dargestellt. Dabei kann es günstig sein, einen gewichteten Mittelwert zu bilden. Als Gewichte können dabei die auf den mittleren Bereich bezogenen w dienen. Der so erhaltene Mittelwert wird als Füllstand ausgegeben. Das ist in Fig. 4 durch das Rechteck 82 dargestellt. Es hat sich gezeigt, daß der so erhaltene Meßwert den Füllstand mit einer Genauigkeit von etwa $+/- 1\%$ wiedergibt.

Der Füllstand und sein zeitlicher Verlauf kann an einem Monitor 84 angezeigt werden. Der Füllstand kann auch durch einen Drucker 86 ausgedruckt werden. Über einen Anschluß 88 können die Meßwerte des Füllstandes auch ein Prozeßleitsystem beaufschlagen.

Bei der beschriebenen Anordnung ist je ein Schallsensor 36 und 38 neben jeder der Kammern 14 bzw. 16 angeordnet. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, daß die Schallsensoren an den beiden Kammern 14 und 16 unterschiedliche Geräusche aufnehmen und dementsprechend unterschiedliche Füllstände signalisieren können.

Die beschriebene Anordnung kann in verschiedener Weise abgewandelt werden.

Statt die Fourieranalyse der Geräusche mit einem Rechner mit entsprechender Software vorzunehmen, was einen schnellen Rechner erfordert, können auch FFT-Bausteine verwendet werden (FFT = Fast Fourier Transform). Solche FFT-Bausteine sind handelsüblich erhältlich.

Statt einer Integralbildung in verschiedenen Frequenzbereichen I, II und III kann auch eine Interpolation der Werte der Frequenzspektren bei einer Mehrzahl fester Frequenzen vorgenommen werden. Die so gewonnenen Füllstandswerte können wieder gemittelt werden.

Die beschriebene Einrichtung ist bevorzugt zur Messung an Kugelmühlen bei der Zementherstellung einsetzbar. In gleicher Weise kann aber auch der Füllstand in Mühlen und insbesondere Kugelmühlen für andere Zwecke, beispielsweise für Kohle oder Erz, gemessen werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bestimmung des Betriebszustandes von Mühlen, gekennzeichnet durch auf die Geräusche der Mühle ansprechende Schallsensoren (36, 38) und Mittel (40, 42) zur Analyse der von den Schallsensoren (36, 38) gelieferten Signale zur Erzeugung eines Meßwertes für den Betriebszustand.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebszustand der Füllstand ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Mühle eine Kugelmühle (10) ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (40, 42) zur Analyse der Geräusche zur Bildung eines Spektrums der Geräusche eingerichtet sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Analyse der Geräusche einen FFT-Baustein (Fast Fourier Transform) (50 bzw. 52) aufweisen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Analyse der Geräusche weiterhin Mittel zur Bildung des Mittelwertes des Spektrums über einen längeren Zeitraum hinweg enthalten.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, gekennzeichnet durch
 - a) Mittel zum Speichern eines bei vorgegebenem hohen Füllstand aufgenommenen Spektrums und eines bei vorgegebenem geringen Füllstand aufgenommenen Spektrums,
 - b) Mittel zur Messung des Spektrums bei unbekanntem Füllstand und
 - c) Mittel zur Interpolation zwischen dem hohen und geringen Füllstand zur Gewinnung eines interpolierten Meßwertes für den unbekannten Füllstand.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch
 - a) Mittel zum Bestimmen interpolierter Meßwerte bei verschiedenen Frequenzen und
 - b) Mittel zur Bildung des Mittelwertes des so bestimmten interpolierten Meßwerte als Füllstands-Meßwert.
9. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mühle mehrere, von dem Mahlgut nacheinander durchlaufene Kammern (14, 16) aufweist und ein Schallsensor (36, 38) im Bereich jeder Kammer (14 bzw. 16) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erhaltene Füllstands-Meßwert auf einen Regler zur Regelung des Füllstandes aufschaltbar ist.

11. Verfahren zur Bestimmung des Füllstandes von Mühlen während des Betriebs, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

- a) Messen der Geräusche der Mühle bei einem hohen, bekannten Füllstand,
- b) Bestimmen des Spektralverlaufs der so bei hohem Füllstand gemessenen Geräusche,
- c) Speichern des bei hohem Füllstand erhaltenen Spektralverlaufs,
- d) Messen der Geräusche der Mühle bei einem niedrigen, bekannten Füllstand,
- e) Bestimmen des Spektralverlaufs der so bei niedrigem Füllstand gemessenen Geräusche,
- f) Speichern des bei niedrigem Füllstand erhaltenen Spektralverlaufs,
- g) Messen der Geräusche der Mühle bei einem zu bestimmenden, unbekannten Füllstand,
- h) Bestimmen des Spektralverlaufs der so bei dem unbekannten Spektralverlauf erhaltenen Geräusche und
- i) Bestimmen des unbekannten Füllstandes aus dem mit diesem unbekannten Füllstand erhaltenen Spektralverlauf durch Interpolation zwischen den bei dem hohen und dem niedrigen bekannten Füllstand erhaltenen Spektralverläufen.

5

15

20

25

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spektralverläufe für hohen, niedrigen und unbekannten Füllstand jeweils über einen längeren Zeitraum gemittelt werden.

30

13. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Interpolation bei mehreren diskreten Frequenzen durchgeführt und der Mittelwert der dabei erhaltenen Werte als Füllstand ausgegeben wird.

35

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

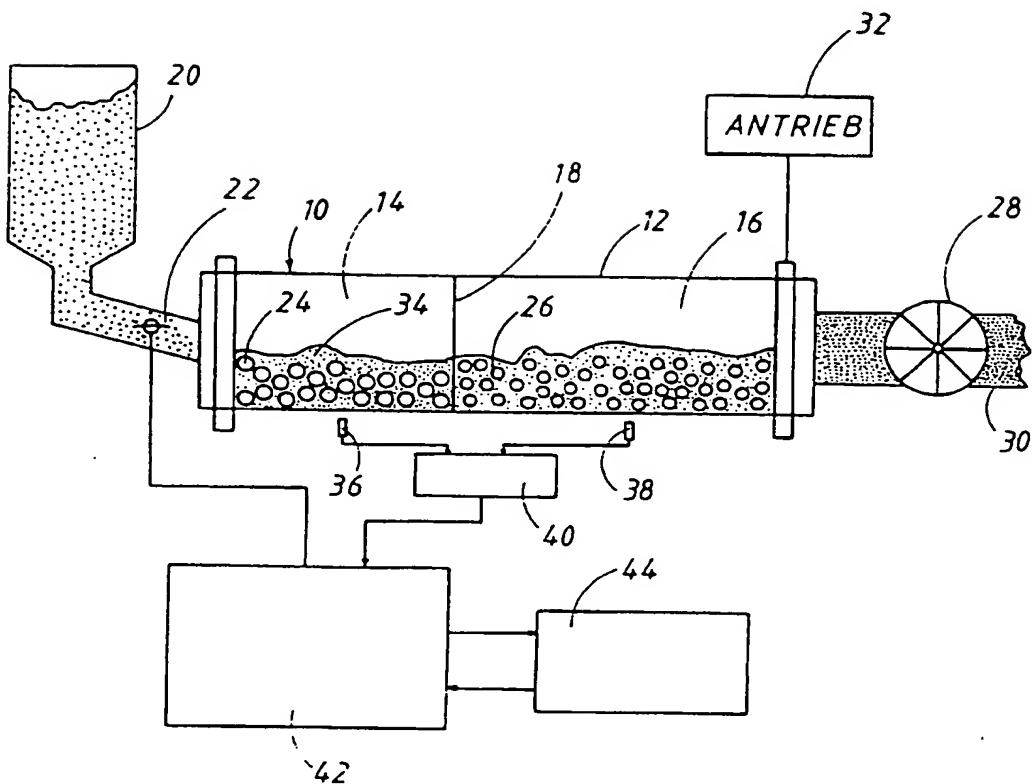


Fig. 1

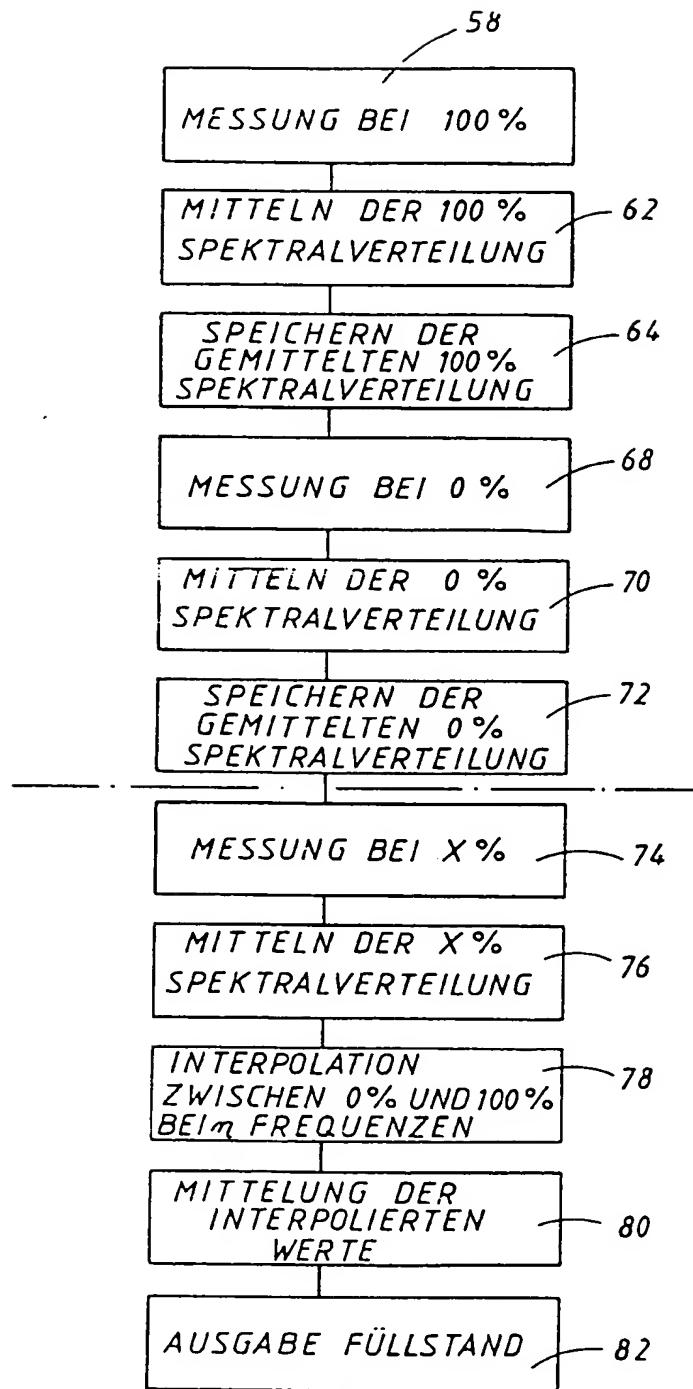


Fig. 4

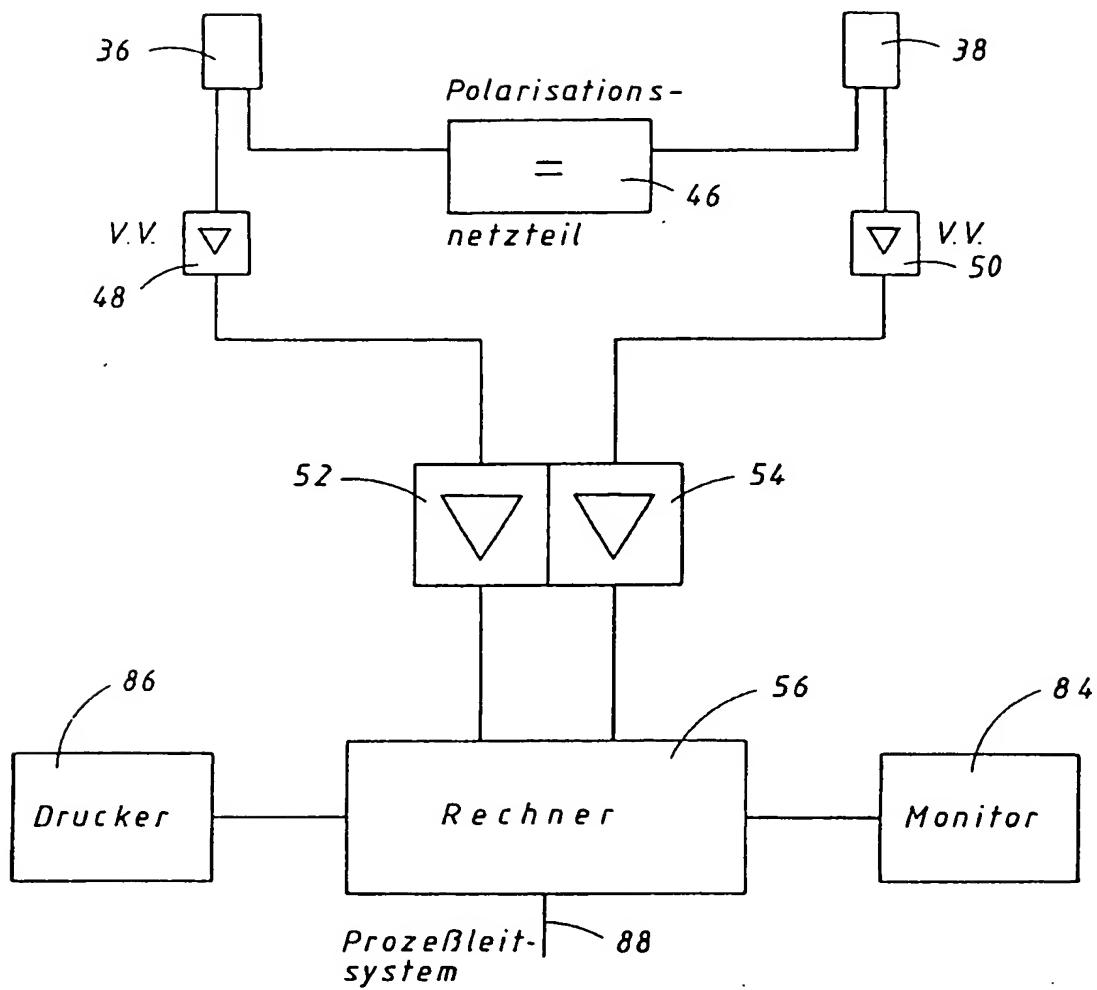


Fig. 2

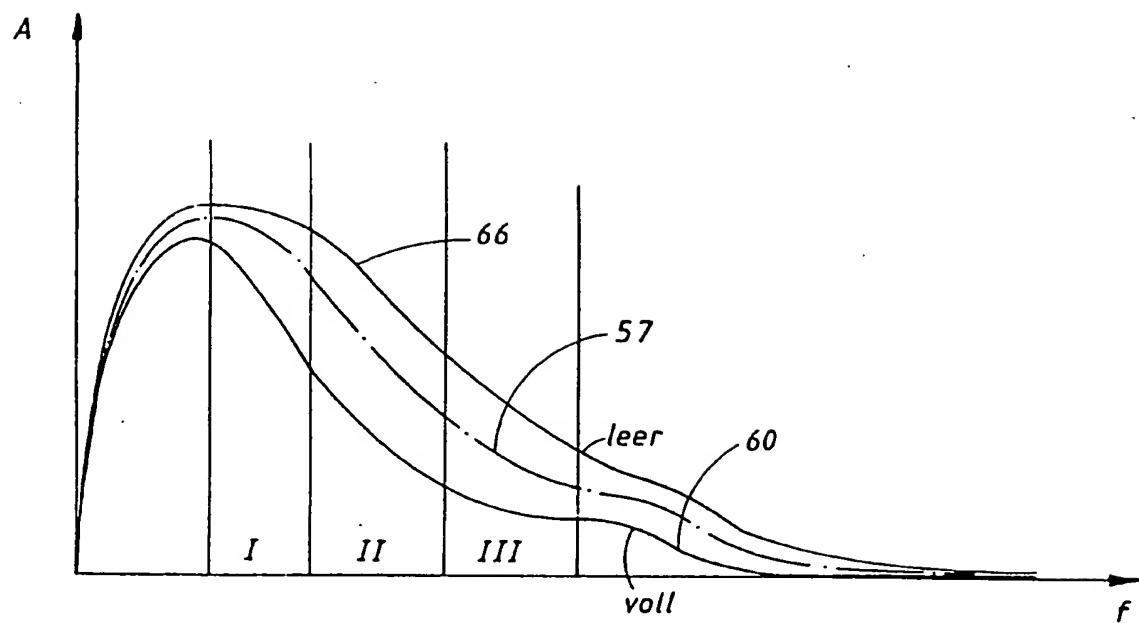


Fig. 3